



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 40 803.3

**Anmeldetag:** 30. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** BAYER AKTIENGESELLSCHAFT,  
Leverkusen/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung von Phosphiten  
und Übergangsmetallkomplexen

**IPC:** C 07 F 9/655

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Weihmayr', written over a horizontal line.

Weihmayr

### Verfahren zur Herstellung von Phosphiten und Übergangsmetallkomplexen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Phosphiten und deren Übergangsmetallkomplexe sowie deren Anwendung in katalytischen Prozessen.

10 Phosphite haben insbesondere in der homogenen Katalyse eine große Bedeutung gewonnen, da sie durch Komplexierung an ein Übergangsmetall in der Lage sind, dessen katalytische Aktivität steuern und gegebenenfalls Stereoinformationen auf ein Substrat zu übertragen.

15 Es ist bekannt, dass insbesondere stereoisomerenangereicherte Phosphite, die sich von 2,2'-Binaphtholen ableiten, für asymmetrische Hydrierungen geeignet sind (siehe auch DE 100 27 505 A1 und Reetz, Mehler, Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 2000, 39, 21, 3889). Dabei werden die stereoisomerenangereicherten Phosphite hergestellt, indem die entsprechenden stereoisomerenangereicherten 2,2'-Binaphthole zunächst mit Phosphortrichlorid zu Binaphthylphosphorigsäurechloriden und diese anschließend mit einem Monoalkohol umgesetzt werden.

20 Alternativ dazu kann die Umsetzung auch bei  $-78^{\circ}\text{C}$  mit einem Monoalkoholat erfolgen (siehe auch P. H. Dussault, K.R. Woller, J. Org. Chem. 1997, 62, 1556 – 1559).

25 Nachteilig an diesen Verfahren ist der Umstand, daß zur Herstellung von Binaphthylphosphorigsäurechloriden sehr niedrige Temperaturen von  $-78^{\circ}\text{C}$  angewandt werden müssen, die im technischen Massstab nur aufwändig realisierbar sind.

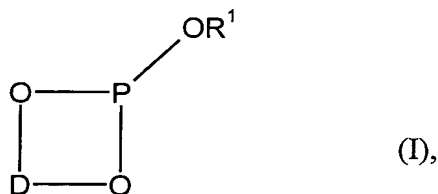
30 Aus EP-A 729 965 ist unter anderem ein Verfahren zur Herstellung von Biphenylphosphiten bekannt, bei dem in einer Eintopfreaktion Phosphortrichlorid

zunächst mit einem Monoalkohol und anschliessend mit einem Biphenol umgesetzt wird. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass es im zweiten Schritt als Base ein Amin benötigt, das ein im Reaktionsmedium lösliches Hydrochlorid bildet. Weiterhin muss in hoher Konzentration und in aromatischen Kohlenwasserstoffen als Lösungsmittel gearbeitet werden, um hohe Ausbeuten zu erzielen. Für die technische Anwendung sind jedoch solche speziellen Bedingungen nicht akzeptabel, weil eine breite Anwendung für unterschiedlich substituierte Phosphite kaum möglich ist.

Aus J.-M- Brunel, G. Buono, J. Org. Chem. 1993, 58, 7313-7314 ist ein Verfahren zur Racematspaltung von 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diol bekannt, das über die Herstellung von diastereomeren Binaphthylmenthylphosphiten verläuft, wobei zunächst Phosphortrichlorid mit einem Äquivalent L-Menthol umgesetzt und anschließend racemisches 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diol zugegeben wird. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass das Zwischenprodukt nicht isoliert und daher nicht gereinigt wird.

Es bestand daher das Bedürfnis, ein Verfahren zur Herstellung von Phosphiten und insbesondere stereoisomerenangereicherten Phosphiten bereitzustellen, das hohe Ausbeuten und hohe Produktreinheiten gewährleistet.

Es wurde nun ein Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel (I) gefunden,



in der

D für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl- oder 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl-Rest steht und

R<sup>1</sup> für einen Rest steht, der ausgewählt ist aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>-Alkenyl, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Halogenalkyl, C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl und C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl wobei die Auflage gilt, dass

5 R<sup>1</sup> eine Molmasse von 215 oder weniger aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem Schritt a)
- Verbindungen der Formel (II),



15 in der Hal jeweils unabhängig voneinander, vorzugsweise jedoch identisch für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht,

- gegebenenfalls in Gegenwart einer Base
- mit Verbindungen der Formel (III),

20



in der

R<sup>1</sup> die vorstehend genannte Bedeutung besitzt

25

zunächst zu Verbindungen der Formel (IV) umgesetzt werden



30

in der

$R^1$  und Hal die vorstehend genannte Bedeutung besitzen,

- in einem Schritt b)

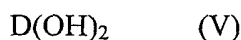
die gemäß a) erhaltenen Verbindungen der Formel (IV) destillativ gereinigt werden  
und

- in einem Schritt c)

die gemäß b) gereinigten Verbindungen der Formel (IV)

- gegebenenfalls und vorzugsweise in Gegenwart einer Base

- mit Verbindungen der Formel (V)



in der D die vorstehend genannte Bedeutung besitzt

zu Verbindungen der Formel (I) umgesetzt werden.

Im Rahmen der Erfindung können alle oben stehenden und im Folgenden aufgeführten, allgemeinen oder in Vorzugsbereichen genannten Restdefinitionen, Parameter und Erläuterungen untereinander, also auch zwischen den jeweiligen Bereichen und Vorzugsbereichen in beliebiger Weise kombiniert werden.

**Alkyl** beziehungsweise **Alkylen** beziehungsweise **Alkenyl** beziehungsweise **Alkoxy** bedeutet jeweils unabhängig einen geradkettigen, cyclischen, verzweigten oder unverzweigten Alkyl- beziehungsweise Alkylen- beziehungsweise Alkenyl- beziehungsweise Alkoxy-Rest, wobei die genannten Reste gegebenenfalls durch  $C_1$ - $C_4$ -Alkoxyreste weiter substituiert sein können. Gleiches gilt für den nicht-aromatischen Teil eines Arylalkyl-Restes.

$C_1$ - $C_4$ -Alkyl steht beispielsweise für Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl,  $C_1$ - $C_8$ -Alkyl darüber hinaus beispielsweise für n-Pentyl, 1-

Methylbutyl, 2-Methylbutyl, 3-Methylbutyl, neo-Pentyl, 1-Ethylpropyl, cyclo-Hexyl, cyclo-Pentyl, n-Hexyl, 1,1-Dimethylpropyl, 1,2-Dimethylpropyl, 1,2-Dimethylpropyl, 1-Methylpentyl, 2-Methylpentyl, 3-Methylpentyl, 4-Methylpentyl, 1,1-Dimethylbutyl, 1,2-Dimethylbutyl, 1,3-Dimethylbutyl, 2,2-Dimethylbutyl, 2,3-Dimethylbutyl, 3,3-Dimethylbutyl, 1-Ethylbutyl, 2-Ethylbutyl, 1,1,2-Trimethylpropyl, 1,2,2-Trimethylpropyl, 1-Ethyl-1-methylpropyl, 1-Ethyl-2-methylpropyl, 1-Ethyl-2-methylpropyl, n-Heptyl und n-Octyl, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl weiter darüber hinaus beispielsweise für Adamantyl, die isomeren Menthyle, n-Nonyl, n-Decyl und n-Dodecyl.

10

C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkoxy steht beispielsweise für Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, iso-Propoxy, n-Butoxy, sec.-Butoxy und tert.-Butoxy, C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkoxy darüber hinaus für n-Pentoxy, 1-Methylbutoxy, 2-Methylbutoxy, 3-Methylbutoxy, neo-Pentoxy, 1-Ethylpropoxy, cyclo-Hexoxy, cyclo-Pentoxy, n-Hexoxy, n-Octoxy und C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy noch weiter darüber hinaus für Adamantoxy, die isomeren Menthoxo-Reste, n-Decoxy und n-Dodecoxy.

15

C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>-Alkenyl steht beispielsweise für Vinyl, 1-Propenyl, iso-Propenyl, 1-Butenyl, 2-Butenyl, 1-Pentenyl, 2-Pentenyl, 2-Methyl-1-butenyl, 2-Methyl-2-butenyl, 3-Methyl-1-butenyl, 1-Hexenyl, 1-Heptenyl, 1-Octenyl oder 2-Octenyl.

20

**Halogenalkyl** bedeutet jeweils unabhängig einen geradkettigen, cyclischen, verzweigten oder unverzweigten Alkyl-Rest, der einfach, mehrfach oder vollständig durch Chlor oder Fluoratome substituiert ist.

25

Beispielsweise steht C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Fluoralkyl für Trifluormethyl, 2,2,2-Trifluorethyl, 2,2,2-Trichlorethyl und Pentafluorethyl.

30

**Aryl** steht jeweils unabhängig einen heteroaromatischen Rest mit 4 bis 14 Gerüstkohlenstoffatomen, in denen keines, ein, zwei oder drei Gerüstkohlenstoffatome pro Cyclus, im gesamten Molekül mindestens jedoch ein Gerüstkohlenstoffatom, durch

Heteroatome, ausgewählt aus der Gruppe Stickstoff, Schwefel oder Sauerstoff, substituiert sein können, vorzugsweise jedoch für einen carbocyclischen aromatischen Rest mit 6 bis 14 Gerüstkohlenstoffatomen.

- 5 Beispiele für carbocyclische aromatische Reste mit 6 bis 14 Gerüstkohlenstoffatomen sind zum Beispiel Phenyl, Naphtyl oder Fluorenyl, heteroaromatische Reste mit 4 bis 14 Gerüstkohlenstoffatomen in denen keines, ein, zwei oder drei Gerüstkohlenstoffatome pro Cyclus, im gesamten Molekül mindestens jedoch ein Gerüstkohlenstoffatom, durch Heteroatome, ausgewählt aus der Gruppe Stickstoff, Schwefel oder Sauerstoff, substituiert sein können sind beispielsweise Furan-yl, Pyridinyl, Oxazolyl, Benzofuranyl, Dibenzofuran-yl oder Chinolinyl.

- 15 Weiterhin kann der carbocyclische aromatische Rest oder heteroaromatische Rest mit bis zu fünf gleichen oder verschiedenen Substituenten pro Cyclus substituiert sein, die ausgewählt sind aus der Gruppe Chlor, Fluor, Brom, Cyano, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Halogenalkyl, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkoxy, Di(C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-alkyl)amino, COO(C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl), CON(C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl)<sub>2</sub>, COO(C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl), COO(C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl), CO(C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl), C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl oder Tri(C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-alkyl)siloxyl.


- 20 **Arylalkyl** bedeutet jeweils unabhängig einen geradkettigen, cyclischen, verzweigten oder unverzweigten Alkyl-Rest, der einfach, mehrfach oder vollständig durch Aryl-Reste gemäß obiger Definition substituiert sein kann.

- 25 C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl steht beispielsweise für Benzyl, (R)- und (S)-1-Phenylethyl, 1-Phenylpropyl, 2-Phenylpropyl, 1-Phenyl-1-methylethyl, 1-, 2-, 3- oder 4-Phenylbutyl, 1-Naphthylmethyl, 1-Naphthylethyl und Naphthyl-1-methylethyl.


- 30 **Geschütztes Formyl** steht im Rahmen der Erfindung für einen Formyl-Rest, der durch Überführung in ein Aminoal, Acetal oder ein gemischtes Aminoalacetal geschützt ist, wobei die Aminoale, Acetale und gemischten Aminoalacetale acyclisch oder cyclisch sein können.

**Geschütztes Hydroxy** steht im Rahmen der Erfindung für einen Hydroxy-Rest, der durch Überführung in ein Acetal, Carbonat, Carbamat oder Carboxylat geschützt ist. Beispiele dafür sind die Überführung in ein Tetrahydropyranyladdukt, in ein  
5 Benzyloxycarbonyl-, Allyloxycarbonyl- oder ein tert.-Butyloxycarbonyl-Derivat.

Im Folgenden werden die bevorzugten Substitutionsmuster für die Verbindungen der Formeln (I) und (III) und (V) definiert:

 10  $R^1$  steht bevorzugt für einen Rest der ausgewählt ist aus der Gruppe  $C_1$ - $C_8$ -Alkyl,  $C_5$ - $C_{15}$ -Arylalkyl und  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl, wobei die Auflage gilt, dass

$R^1$  eine Molmasse von 200 oder weniger aufweist.

15  $R^1$  steht besonders bevorzugt für einen Rest der ausgewählt ist aus der Gruppe  $C_1$ - $C_8$ -Alkyl, Benzyl und Phenyl, wobei Benzyl und Phenyl gegebenenfalls einfach, zweifach oder dreifach durch Reste substituiert sein können die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe Chlor, Fluor, Methyl, Ethyl, iso-Propyl, tert.-Butyl, Methoxy, Ethoxy, iso-Propoxy,  
 20 Dimethylamino, Diethylamino, Acetyl, Trifluormethyl und Cyano, wobei die Auflage gilt, dass

$R^1$  eine Molmasse von 200 oder weniger aufweist

25  $R^1$  steht ganz besonders bevorzugt für iso-Propyl, neo-Pentyl, Benzyl und Phenyl.

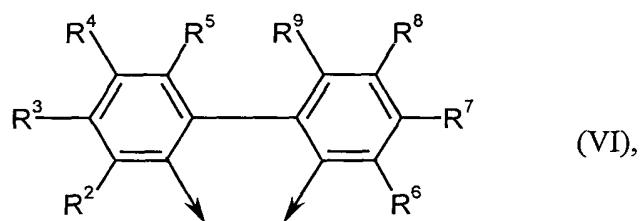
Vorzugsweise werden für das erfindungsgemäße Verfahren stereoisomerenangereicherte wie insbesondere enantiomerenangereicherte Verbindungen der Formel (V)  
30 eingesetzt. Enantiomerenangereicht im Sinne der Erfindung umfasst enantiomerenreine Verbindungen oder beliebige Mischungen von Enantiomeren, in denen



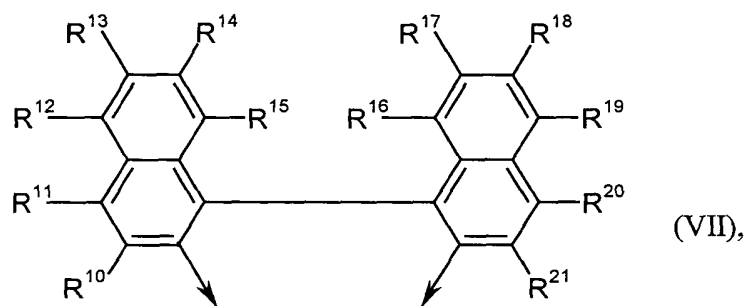
ein Enantiomer in einem Enantiomerenüberschuss, im Folgenden auch ee (enantiomeric excess) genannt, im Vergleich zum anderen Enantiomer vorliegt. Bevorzugt beträgt dieser Enantiomerenüberschuss bei Verbindungen der Formel (V) 10 bis 100 %ee, besonders bevorzugt 90 % bis 100 %ee und ganz besonders bevorzugt 98 bis 100 %ee.

In den Formeln (I) und (V) steht

D bevorzugt für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VI),



oder für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VII),



in denen die Reste  $R^2$  bis  $R^{20}$  jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Cyano, geschütztes Hydroxy,  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkyl,  $C_1$ - $C_{12}$ -Halogenalkyl,  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkoxy,  $C_1$ - $C_8$ -Alkylthio, freies oder geschütztes Formyl,  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl, Tri( $C_1$ - $C_8$ -alkyl)siloxy oder Resten der Formel (VIII),

A-B-E-F

(VIII),

in der unabhängig voneinander

5

A fehlt oder für einen C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylrest steht undB fehlt oder für Sauerstoff, Schwefel oder NR<sup>21</sup> steht,

10

wobei

R<sup>21</sup> für Wasserstoff, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl oder C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl steht und

E für eine Carbonyl-Gruppe steht und

15

F für R<sup>22</sup>, OR<sup>22</sup>, NHR<sup>23</sup> oder NR<sup>23</sup>R<sup>24</sup> steht,

wobei

20

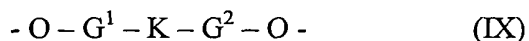
R<sup>22</sup> für C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl oder C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryl und

R<sup>23</sup> und R<sup>24</sup> jeweils unabhängig voneinander für C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl oder C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl stehen oder NR<sup>23</sup>R<sup>24</sup> zusammen für einen cyclischen Aminorest mit 4 bis 12 Kohlenstoffatomen steht.

25

Jeweils zwei benachbarte Reste aus R<sup>2</sup> bis R<sup>20</sup> können zusammen auch einen nicht aromatischen Ring bilden. Weiterhin können jeweils zwei der Reste aus R<sup>2</sup> bis R<sup>20</sup> verbrückend sein. Hier kommen bevorzugt und beispielsweise Verbrückungen der Formel (IX) in Betracht

30



in denen unabhängig voneinander

5  $G^1$  und  $G^2$  entweder entfallen können, eine Carbonylgruppe oder eine Carbonylaminogruppe sein können und

K unsubstituiertes oder substituiertes  $C_2-C_6$ -Alkylen sein kann.

10 D steht besonders bevorzugt für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VI) oder einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VII), in denen die Reste  $R^2$  bis  $R^{20}$  jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe Wasserstoff, Fluor, Chlor,  $C_1-C_8$ -Alkyl,  $C_1-C_8$ -Halogenalkyl oder  $C_1-C_8$ -Alkoxy.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von folgenden Verbindungen:

20 ((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit

25 ((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-cyclohexyl-phosphit

30 ((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-cyclohexyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

- ((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit
- ((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit
- 5 ((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit
- ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit
- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit
- 10 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(rac)-1-phenylethyl-phosphit
- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(rac)-1-phenylethyl-phosphit
- 15 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit
- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit
- ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit
- 20 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit
- ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-diphenylmethyl-phosphit
- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-diphenylmethyl-phosphit
- 25 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-methyl-phosphit
- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-methyl-phosphit
- 30 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit

- ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-diisopropylphenyl-phosphit  
 5 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-diisopropylphenyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit  
 10 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-ethyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-ethyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-4-tert-butylphenyl-phosphit  
 15 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-4-tert-butylphenyl-phosphit  
 ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit  
 ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit  
 ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-neopentyl-phosphit  
 20 ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-neopentyl-phosphit  
 ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit  
 ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit  
 ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit und  
 ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit,  
 25 wobei letzten acht genannten Verbindungen noch weiter bevorzugt sind.

Die Schritte a) und c) werden gegebenenfalls in Gegenwart einer Base durchgeführt.

- Schritt a) wird bevorzugt ohne Base, Schritt c) bevorzugt in Gegenwart einer Base  
 30 durchgeführt.

Als Base können für die Umsetzung gemäß den Schritten a) und c) jeweils unabhängig voneinander Erdalkali- oder Alkalimetallhydride, -hydroxide, -amide, -alkoholate, -carbonate oder -hydrogencarbonate, wie beispielsweise Natriumhydrid, Natriumamid, Lithium-diethylamid, Natriummethylat, Natriumethylat, Kalium-tert.-butylat, Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Kaliumhydrogencarbonat oder Natriumhydrogencarbonat, Lithium-organische Verbindungen, wie n-Butyllithium, aromatische Stickstoffbasen wie Pyridine wie beispielsweise Pyridin 2,6-Lutidin, 2-, 3-, 4-Picolin, sowie vorzugsweise tertiäre Amine, wie beispielsweise Trimethylamin, Triethylamin, Tributylamin, Di-isopropylethylamin, Tetramethylguanidin, N,N-Dimethylanilin, Piperidin, N-Methylpiperidin, N,N-Dimethylaminopyridin, Diazabicyclooctan (DABCO), Diazabicyclononen (DBN) oder Diazabicycloundecen (DBU) eingesetzt werden.

Besonders bevorzugt wird als Base Triethylamin eingesetzt.

Werden für die Schritte a) und c) aromatische Stickstoffbasen oder tertiäre Amine eingesetzt, erfolgt vorzugsweise vor weiterer Umsetzung bzw. Aufarbeitung die Abtrennung von gegebenenfalls ausgefallenen Hydrohalogeniden der eingesetzten Basen. Die Abtrennung erfolgt vorzugsweise durch Filtration.

Die Schritte a) und c) werden gegebenenfalls in Gegenwart eines Lösungsmittels durchgeführt. Schritt a) wird bevorzugt ohne Lösungsmittel, Schritt c) bevorzugt in Gegenwart eines Lösungsmittels durchgeführt.

Als Lösungsmittel eignen sich insbesondere organische Lösungsmittel wie aliphatische oder aromatische, gegebenenfalls halogenierte Kohlenwasserstoffe, wie beispielsweise Petrolether, Benzol, Toluol, die isomeren Xylole, Chlorbenzol, die isomeren Dichlorbenzole, Hexan, Cyclohexan, Dichlormethan oder Chloroform sowie Ether, wie Diethylether, Diisopropylether, Dioxan, Tetrahydrofuran, Methyl-tert.-butylether oder Ethylenglykoldimethyl- oder -diethylether. Bevorzugte

organische Lösungsmittel sind Toluol, Diethylether, Tetrahydrofuran und Methyl-tert.-butylether.

5 Im Schritt a) kann bei Einsatz von Base das molare Verhältnis von Base zu Verbindungen der Formel (II) beispielsweise und bevorzugt 0,7:1 bis 2,0:1, besonders bevorzugt 0,9 bis 1,2 und ganz besonders bevorzugt 1,0:1 bis 1,1:1 betragen.

10 Im Schritt c) beträgt das molare Verhältnis von Base zu Verbindungen der Formel (IV) beispielsweise und bevorzugt 1,4:1 bis 4,0:1, besonders bevorzugt 1,8 bis 2,5 und ganz besonders bevorzugt 2,0:1 bis 2,2:1.

15 Im Schritt a) beträgt die Reaktionstemperatur beispielsweise und bevorzugt -20 bis 100°C, besonders bevorzugt -15 bis 40°C und ganz besonders bevorzugt -10 bis 25°C.

Gleiche Temperaturbereiche gelten für Schritt c).

20 Im Schritt a) kann das molare Verhältnis von Verbindungen der Formel (II) zu Verbindungen der Formel (III) beispielsweise 1,2:1 bis 10:1, bevorzugt 1,5:1 bis 4:1 und besonders bevorzugt 1,5:1 bis 2,5:1 betragen. Grössere Mengen an Verbindungen der Formel (III) sind möglich aber unwirtschaftlich.

25 Im Schritt c) kann das molare Verhältnis von Verbindungen der Formel (IV) zu Verbindungen der Formel (V) beispielsweise 0,5:1 bis 5:1, bevorzugt 0,8:1 bis 1,5:1 und besonders bevorzugt 0,8:1 bis 1,0:1 betragen.

Gemäß Schritt b) findet eine destillative Reinigung statt.

Die Destillation kann beispielsweise und bevorzugt bei einem Druck von 0,001 bis 1000 hPa, bevorzugt 0,001 bis 100 hPa und besonders bevorzugt 0,001 bis 50 hPa durchgeführt werden.

- 5 Sowohl die nach Aufarbeitung erhaltenen Verbindungen der Formel (I) als auch die gegebenenfalls nach Filtration erhaltenen Reaktionslösungen von Verbindungen der Formel (I) können direkt für die Synthese von Übergangsmetallkomplexen enthaltend Verbindungen der Formel (I) eingesetzt werden.

- 10 Die Aufarbeitung kann beispielsweise und bevorzugt derart erfolgen, dass gegebenenfalls nach Abtrennung von gegebenenfalls Ausgefallenem zunächst das Lösungsmittel destillativ entfernt wird und die Verbindungen der Formel (I) durch Umkristallisation oder Umfällung weiter gereinigt werden.

- 15 Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäß erhältlichen Verbindungen der Formel (I) dabei ist, dass sie in sehr hoher Reinheit anfallen und insbesondere praktisch frei von störenden Nebenprodukten wie insbesondere Phosphaten sind. Häufig fallen Phosphite dennoch in Form von hochviskosen, zur Schaumbildung neigender Form an, was die Handhabbarkeit erschwert.

- 20 Daher ist von der Erfindung weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von Übergangsmetallkomplexen enthaltend Verbindungen der Formel (I) umfasst, das sowohl die erfindungsgemäßen Schritte a), b) und c) als auch als Schritt d) die Umsetzung der gemäß den Schritten a) bis c) erhaltenen Verbindungen der Formel (I)  
25 mit Übergangsmetallverbindungen beinhaltet.

- Als Lösungsmittel für die Umsetzung von Verbindungen der Formel (I) mit Übergangsmetallverbindungen eignen sich insbesondere die gleichen organischen Lösungsmittel, die für die Umsetzung gemäß Schritt c) geeignet sind. Bevorzugt ist  
30 Methylenchlorid.



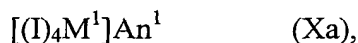
In einer bevorzugten Ausführungsform können die Verbindungen der Formel (I) in Form ihrer Lösungen, wie sie gemäß Schritt c) erhalten werden, gegebenenfalls nach Abtrennung von Ausgefallenem, direkt in Schritt d) eingesetzt werden.

- 5 Alternativ dazu können die Lösungen wie sie gemäß Schritt c) erhalten werden, gegebenenfalls nach Abtrennung von Ausgefallenem, eingeengt, erneut in Lösungsmittel aufgenommen und anschliessend in Schritt d) eingesetzt werden

10 Übergangsmetallkomplexe enthaltend Verbindungen der Formel (I) sind vorzugsweise Übergangsmetallkomplexe von Ruthenium, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium und Platin, bevorzugt solche von Ruthenium, Rhodium und Iridium.

Besonders bevorzugte Übergangsmetallkomplexe enthaltend Verbindungen der Formel (I) sind solche der Formel (Xa)

15



in der

(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

20

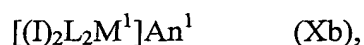
$M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

$An^1$  für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht oder

25

solche der Formel (Xb)

30



in der

(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

5  $M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

$An^1$  für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht und

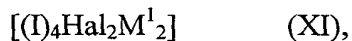
10

$L$  jeweils für ein  $C_2$ - $C_{12}$ -Alken wie beispielsweise Ethylen oder Cycloocten, oder ein Nitril wie beispielsweise Acetonitril, Benzonitril oder Benzylnitril steht, oder

15  $L_2$  zusammen für ein  $(C_4$ - $C_{12})$ -Dien wie beispielsweise Norbornadien oder 1,5-Cyclooctadien steht und

solche der Formel (XI)

20



in der

(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

25

$M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

$Hal$  für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht oder

30

solche der Formel (XII)



in der

5 (I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

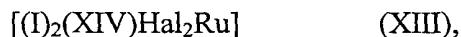
10 Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen steht, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl, wobei Aren bevorzugt für Benzol oder Naphthalin, das mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe Methyl, Ethyl, n-Propyl, Isopropyl und tert.-Butyl und besonders bevorzugt für Mesitylen, Cumol oder Benzol steht und

15

Hal für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht oder

solche der Formel (XIII)

20



in der

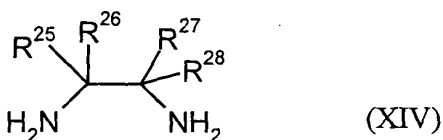
(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

25

Hal für Chlor, Brom, Iod, bevorzugt für Chlor steht

30 Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl und

(XIV) für Verbindungen der Formel (XIV) steht



5 in der

R<sup>25</sup>, R<sup>26</sup>, R<sup>27</sup> und R<sup>28</sup> jeweils unabhängig voneinander für Wasserstoff, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl oder C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl oder jeweils zwei Reste zusammen für einen geradkettigen oder verzweigten C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylen-Rest stehen.

10

Bevorzugte Verbindungen der Formel (XIV) sind:

(S)- und (R)-1,2-Diphenylethylen-1,2-diamin, (S)- und (R)-1,2-Di-tert.-butyl-ethylen-1,2-diamin, (S)- und (R)-1,1-Di-(p-methoxyphenyl)-2-iso-propyl-ethylen-1,2-diamin, (S)- und (R,R)-16-Aminotetracyclo(6.6.2.0<sup>2,7</sup>.0<sup>9,14</sup>]hexadeca-2,4,6,9,11,13-hexaen-15-ylamin und (S)- und (R)-1,2-Diaminocyclohexan.

15

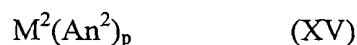
Bevorzugt weisen die Verbindungen der Formel (XIV) eine Stereoisomerenreinheit von 90% oder mehr, besonders bevorzugt von 95% oder mehr und ganz besonders bevorzugt von 98,5% oder mehr auf.

20

Die Verbindungen der Formeln (Xa), (Xb), (XI), (XII) und (XIII) sind von der Erfindung ebenfalls umfasst.

25 Übergangsmetallkomplexe enthaltend Verbindungen der Formel (I) werden durch Umsetzung von Verbindungen der Formel (I) mit Übergangsmetallverbindungen erhalten.

Geeignete Übergangsmetallverbindungen sind und bevorzugt solche der Formel (XV)



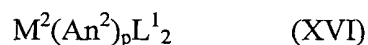
5 in der

$M^2$  für Ruthenium, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium oder Platin und

10  $An^2$  für Chlorid, Bromid, Acetat, Nitrat, Methansulfonat, Trifluormethansulfonat oder Acetylacetonat und

$p$  für Ruthenium, Rhodium und Iridium für 3, für Nickel, Palladium und Platin für 2 steht,

15 oder Übergangsmetallverbindungen der Formel (XVI)



in der

20  $M^2$  für Ruthenium, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium oder Platin und

$An^2$  für Chlorid, Bromid, Acetat, Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht und

25

$p$  für Rhodium und Iridium für 1, für Nickel, Palladium, Platin und Ruthenium für 2 steht und

30  $L^1$  jeweils für ein  $C_2$ - $C_{12}$ -Alken wie beispielsweise Ethylen oder Cycloocten, oder ein Nitril wie beispielsweise Acetonitril, Benzonitril oder Benzylnitril steht, oder

$L^1_2$  zusammen für ein (C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>)-Dien wie beispielsweise Norbornadien oder 1,5-Cyclooctadien steht

5 oder Übergangsmetallverbindungen der Formel (XVII)



in der

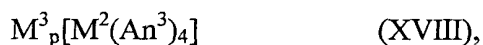
10  $M^2$  für Ruthenium und

$L^2$  für Arylreste wie zum Beispiel Cymol, Mesityl, Phenyl oder Cyclooctadien, Norbornadien oder Methylallyl und

15  $An^2$  für Chlorid, Bromid, Acetat, Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht

oder Übergangsmetallverbindungen der Formel (XVIII)

20



wobei

$M^2$  für Palladium, Nickel, Iridium oder Rhodium und

25

$An^3$  für Chlorid oder Bromid steht und

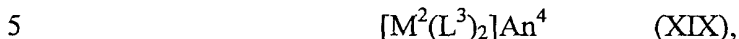
$M^3$  für Lithium, Natrium, Kalium, Ammonium oder organisches Ammonium steht und

30

$p$  für Rhodium und Iridium für 3, für

Nickel, Palladium und Platin für 2 steht,

oder Übergangsmetallverbindungen der Formel (XIX)



wobei

$M^2$  für Iridium oder Rhodium und

10  $L^3$  für ein ( $C_4$ - $C_{12}$ )-Dien wie beispielsweise Norbornadien oder 1,5-Cyclooctadien steht

$An^4$  für ein nicht oder schwach koordinierendes Anion wie zum Beispiel Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht.

15

Darüberhinaus sind als Übergangsmetallverbindungen beispielsweise  $Ni(1,5-Cyclooctadien)_2$ ,  $Pd_2(dibenzylidenaceton)_3$ ,  $Pd[PPh_3]_4$  Cyclopentadienyl $_2Ru$ ,  $Rh(acac)(CO)_2$ ,  $Ir(pyridin)_2(1,5-Cyclooctadien)$ ,  $Cu(Phenyl)Br$ ,  $Cu(Phenyl)Cl$ ,  $Cu(Phenyl)I$ ,  $Cu(PPh_3)_2Br$ ,  $[Cu(CH_3CN)_4]BF_4$  und  $[Cu(CH_3CN)_4]PF_6$  oder mehrkernige verbrückte Komplexe wie beispielsweise  $[Rh(1,5-cyclooctadien)Cl]_2$  und  $[Rh(1,5-cyclooctadien)Br]_2$ ,  $[Rh(Ethen)_2Cl]_2$ ,  $[Rh(Cycloocten)_2Cl]_2$  geeignet.

20

25 Bevorzugte Übergangsmetallverbindungen sind solche, die sich zur Herstellung von Verbindungen der Formeln (X) bis (XIII) eignen.

Dies sind insbesondere:

$[Rh(COD)Cl]_2$  (COD = 1,5-Cyclooctadien),  $[Rh(COD)_2Br]$ ,  $[Rh(COD)_2]ClO_4$ ,  $[Rh(COD)_2]BF_4$ ,  $[Rh(COD)_2]PF_6$ ,  $[Rh(COD)_2]OTf$ ,  $[Rh(COD)_2]BAr_4$  (Ar = 3,5-bis(trifluormethyl)phenyl)  $[Rh(COD)_2]SbF_6$   $RuCl_2(COD)$ ,  $[(Cymol)RuCl_2]_2$ ,

30

$[(\text{Benzol})\text{RuCl}_2]_2$ ,  $[(\text{Mesityl})\text{RuCl}_2]_2$ ,  $[(\text{Cymol})\text{RuBr}_2]_2$ ,  $[(\text{Cymol})\text{RuI}_2]_2$ ,  
 $[(\text{Cymol})\text{Ru}(\text{BF}_4)_2]_2$ ,  $[(\text{Cymol})\text{Ru}(\text{PF}_6)_2]_2$ ,  $[(\text{Cymol})\text{Ru}(\text{BAr}_4)_2]_2$ , (Ar = 3,5-  
 bistrifluormethylphenyl),  $[(\text{Cymol})\text{Ru}(\text{SbF}_6)_2]_2$ ,  $[\text{Ir}(\text{cod})_2\text{Cl}]_2$ ,  $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{PF}_6$ ,  
 $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{ClO}_4$ ,  $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{SbF}_6$ ,  $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{BF}_4$ ,  $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{OTf}$ ,  $[\text{Ir}(\text{COD})_2]\text{BAr}_4$   
 5 (Ar = 3,5-bistrifluormethylphenyl),  
 $[\text{Rh}(\text{nbd})\text{Cl}]_2$  (nbd = Norbornadien),  $[\text{Rh}(\text{nbd})_2\text{Br}]$ ,  $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{ClO}_4$ ,  $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{BF}_4$ ,  
 $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{PF}_6$ ,  $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{OTf}$ ,  $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{BAr}_4$  (Ar = 3,5-bistrifluormethylphenyl)  
 $[\text{Rh}(\text{nbd})_2]\text{SbF}_6$ ,  $\text{RuCl}_2(\text{nbd})$ ,  $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{PF}_6$ ,  $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{ClO}_4$ ,  $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{SbF}_6$   
 $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{BF}_4$ ,  $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{OTf}$ ,  $[\text{Ir}(\text{nbd})_2]\text{BAr}_4$  (Ar = 3,5-bistrifluormethylphenyl),  
 10  $\text{Ir}(\text{pyridin})_2(\text{nbd})$ ,  $[\text{Ru}(\text{DMSO})_4\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Ru}(\text{CH}_3\text{CN})_4\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Ru}(\text{PhCN})_4\text{Cl}_2]$  und  
 $[\text{Ru}(\text{COD})\text{Cl}_2]_n$ , wobei  
 $[(\text{Cymol})\text{RuCl}_2]_2$ ,  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{OTf}$ ,  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{PF}_6$ ,  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{SbF}_6$  und  
 $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{BF}_4$  noch weiter bevorzugt sind.

15 Die Menge des Übergangsmetalls in der eingesetzten Übergangsmetallverbindung  
 kann bei der Umsetzung zu Übergangsmetallkomplexen enthaltend die  
 Verbindungen der Formel (I) beispielsweise 10 bis 100 mol-% bezogen auf die  
 eingesetzte Verbindung der Formel (I) betragen, bevorzugt sind Mengen, die um 0  
 bis 10 mol-% höher liegen als die gewünschte Stöchiometrie bzw. der Stöchiometrie  
 20 in den Übergangsmetallkomplexen der Formel (X) bis (XIII).

Die gemäß Schritt d) erhaltenen Übergangsmetallkomplexe enthaltend die  
 Verbindungen der Formel (I) können entweder in an sich bekannter Weise isoliert  
 werden oder direkt in Form der in Schritt d) erhaltenen Reaktionslösung als  
 25 Katalysatoren eingesetzt werden.

Von der Erfindung ist weiterhin Verfahren zur Herstellung von  
 stereoisomerenangereicherten Verbindungen durch asymmetrische Synthese umfasst,  
 das, dadurch gekennzeichnet, dass als Katalysatoren Übergangsmetallkomplexe  
 30 enthaltend die Verbindungen der Formel (I) oder Übergangsmetallkomplexe der  
 Formeln (Xa), (Xb), (XI), (XII) und (XIII) verwendet werden.



Die Übergangsmetallkomplexe enthaltend die Verbindungen der Formel (I) sowie Verbindungen der Formeln (Xa), (Xb), (XI), XII) und (XIII) eignen sich insbesondere als Katalysatoren, vorzugsweise in einem Verfahren zur Herstellung von stereoisomerenangereicherten, besonders bevorzugt enantiomerenangereicherten Verbindungen.

Von der Erfindung ist daher ein Verfahren zur Herstellung von stereoisomerenangereicherten Verbindungen durch asymmetrische Synthese umfasst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass als Katalysatoren Übergangsmetallkomplexe enthaltend die Verbindungen der Formel (I) oder Übergangsmetallkomplexe der Formeln (Xa), (Xb), (XI), XII) und (XIII) verwendet werden.

Bevorzugte Verfahren zur Herstellung von chiralen Verbindungen sind asymmetrische 1,4-Additionen, asymmetrische Hydroformylierungen, asymmetrische Hydrocyanierungen, asymmetrische Heck Reaktionen und asymmetrische Hydrogenierungen, besonders bevorzugt sind asymmetrische Hydrogenierungen.

Bevorzugte asymmetrische Hydrogenierungen sind beispielsweise Hydrogenierungen von prochiralen C=C-Bindungen wie zum Beispiel prochirale Enamine, Olefine, Enolether, C=O-Bindungen wie zum Beispiel prochirale Ketone und C=N-Bindungen wie zum Beispiel prochirale Imine. Besonders bevorzugte asymmetrische Hydrogenierungen sind Hydrogenierungen von prochiralen prochirale Enaminen und Olefinen.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass auf effiziente Weise Phosphite in hohen Ausbeuten praktisch ohne störende Phosphate hergestellt werden können. Weiterhin erlaubt die hohe Produktreinheit den direkten Einsatz zur Herstellung von Übergangsmetallkomplexen, die als Katalysatoren verwendet werden können.

**Beispiele****Beispiel 1****5      Herstellung von Isopropyl-dichlorido-phosphit**

In einem ausgeheizten Dreihals-Kolben mit aufgesetztem Tropftrichter und Destillationsaufsatz und Vigreux-kolonnen wird Phosphortrichlorid (30 ml, 0,34 mol) bei  $-10^{\circ}\text{C}$  vorgelegt und unter stetigem Rühren durch den Tropftrichter langsam 2-Propanol (17,5 ml, 0,23 mol) zugegeben. Nach beendeter Zugabe wird 1 h weiter gerührt. Anschliessend wird Isopropyl-dichlorido-phosphit bei 25 mbar (Sdp.<sub>25</sub>:  $31^{\circ}\text{C}$ ). Man erhält auf diese Weise 14,0 g (52 d.Th.).

**Beispiel 2****15      Herstellung von ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit**

In einen ausgeheizten 100 ml Schlenk-Kolben legt man 75ml getrocknetes, entgastes Tetrahydrofuran und 2,41g (15,0mmol) Isopropyldichloridophosphit unter Argonatmosphäre bei Raumtemperatur vor und kühlt auf  $0^{\circ}\text{C}$  ab. Man versetzt mit 4,19ml (30,1mmol) abs. Triethylamin und rührt für 5 min. Danach wird 4,28g (15,0mmol) R-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diol als Feststoff zugegeben. Nach weiteren 15 min. rühren wird das Eisbad entfernt und über Nacht bei Raumtemperatur gerührt. Die Reaktionslösung wird unter Schutzgas vom Feststoff abfiltriert und das Lösungsmittel im Vakuum entfernt. Man erhält 4,4g (79% der Theorie) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit.  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ):  $\delta = 147,1$  ppm.

**Beispiel 3****Herstellung von ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit**

30      In einen ausgeheizten 250 ml Schlenk-Kolben legt man 100ml getrocknetes, entgastes Tetrahydrofuran und 2,5ml (13,6mmol) Benzylidichloridophosphit unter

- Argon Atmosphäre bei Raumtemperatur vor und kühlt auf 0°C ab. Man versetzt mit 3,82ml (27,4mmol) abs. Triethylamin und rührt für 5 min. Danach wird 3,90g (13,6mmol) R-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diol als Feststoff zugegeben. Nach weiteren 15 min. rühren wird das Eisbad entfernt und über Nacht bei Raumtemperatur gerührt.
- 5 Die Reaktionslösung wird unter Schutzgas vom Feststoff abfiltriert und das Lösungsmittel im Vakuum entfernt. Man erhält 3,7g (73% der Theorie) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit.  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ):  $\delta = 140,7$  ppm.

10

**Beispiel 4****Herstellung von ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit**

- In einen ausgeheizten 100 ml Schlenk-Kolben legt man 25ml getrocknetes, entgastes Tetrahydrofuran und 1,27g (6,5mmol) Phenyldichloridophosphit unter Argon Atmosphäre bei Raumtemperatur vor und kühlt auf 0°C ab. Man versetzt mit 1,82g (13,1mmol) abs. Triethylamin und rührt für 5 min. Danach wird 1,87g (6,5mmol) S-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diol als Feststoff zugegeben. Nach weiteren 15 min. rühren wird das Eisbad entfernt und über Nacht bei Raumtemperatur gerührt. Die Reaktionslösung wird unter Schutzgas vom Feststoff abfiltriert und das Lösungsmittel im Vakuum entfernt. Man erhält 1,91g (74% der Theorie) ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit.  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ):  $\delta = 145,8$  ppm.

20

**Beispiel 5**

25

**Herstellung von [((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit] $_2$ (COD)Rh]OTf**

- In einem trockenen Schlenck-Kolben wurden 74 mg  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{OTf}$  (0.158 mmol) und 118 mg (0.315 mmol) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit aus Beispiel 2 eingewogen, das Gefäß drei mal evakuiert und mit Argon belüftet und die Mischung mit 2 ml  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  versetzt. Nach Erwärmen auf 50°C erhielt man eine

30

orange Lösung und etwas braunen Rückstand. Daraufhin wurde mit 6 ml n-Hexan überschichtet, Nach einer Diffusionszeit von 10 h, konnten auf der Glaswand aufgewachsene, transparente, leicht gelbliche Kristalle isoliert werden, welche durch Einkristall-Röntgenstrukturanalyse analysiert wurden.  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CD}_2\text{Cl}_2$ ):

5 138, b; 133, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 221 \text{ Hz}$ ; 129, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 234 \text{ Hz}$ ; 125, b [ppm].

### Beispiel 6

#### **Herstellung von $[\{((\text{R})\text{-}1,1'\text{-Binaphthyl-}2,2'\text{-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}\}_4\text{Rh}]\text{OTf}$**

10 In einem trockenen Schlenck-Kolben (oder zunächst getrennt in zwei Kolben) wurden 136 mg  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{OTf}$  (0.291 mmol) und 435 mg (1.163 mmol)  $((\text{R})\text{-}1,1'\text{-Binaphthyl-}2,2'\text{-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}$  aus Beispiel 2 eingewogen, das Gefaess 3mal evakuiert bzw mit Argon belüftet und die Mischung mit 1 ml argonisiertem THF versetzt (bzw die Gefaesse argonisiert, je mit 2 ml  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  versetzt und die

15 Metall-Lsg zur Ligand Lsg gegeben). Nach Durchmischung erhielt man eine leicht trübe Loesung. Daraufhin wurde mit 15 ml argonisiertem Hexan ueberschichtet. Nach einer Diffusionszeit von 16 h, konnte der entstandene braun gelbe Niederschlag abfiltriert werden. Nach Trocknung wurden 470 mg Produkt erhalten, entspricht 93% bezogen auf  $\text{L}_4\text{RhOTf}$  (1749 g/mol).  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 138, b; 133, d,

20  $^1J_{\text{PRh}} = 221 \text{ Hz}$ ; 129, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 234 \text{ Hz}$ ; 125, b [ppm].

### Beispiel 7

#### **Herstellung von $[\{((\text{R})\text{-}1,1'\text{-Binaphthyl-}2,2'\text{-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}\}_4\text{Cl}_2\text{Rh}_2]$**

25 In einem trockenen Schlenck-Kolben wurden 39 mg  $\text{Rh}_2(\text{COD})_2\text{Cl}_2$  (0.079 mmol) und 118 mg (0.314 mmol)  $((\text{R})\text{-}1,1'\text{-Binaphthyl-}2,2'\text{-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}$  aus Beispiel 2 eingewogen, das Gefaess 3mal evakuiert bzw mit Argon belüftet und die Mischung mit 1 ml argonisiertem Toluol versetzt. Nach Durchmischung erhielt man eine Loesung. Daraufhin wurde mit 15 ml argonisiertem Hexan ueberschichtet. Nach

30 Diffusion konnte der entstandene gelbe Niederschlag abfiltriert werden. Nach

Trocknung wurden 125 mg Produkt erhalten, das entspricht 89%, bezogen auf  $\text{L}_4\text{Rh}_2\text{Cl}_2$  (1774 g/mol). Die Substanz ist kaum löslich in Standard-Lösungsmitteln.

### Beispiel 8

5

#### **Herstellung von $\{((\text{R})\text{-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}\}_2\text{-}\{(\text{S,S})\text{-1,2-diphenylethylen-1,2-diamin}\}\text{Cl}_2\text{Ru}\}$**

In einem Rundkolben wurden 90 mg  $\text{RuCl}_2(\text{p-Cymene})$  (0.147 mmol) und 220 mg (0.588 mmol)  $((\text{R})\text{-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl})\text{-iso-propyl-phosphit}$  aus Beispiel 2 eingewogen und unter Argon 10 ml entgastes DMF zugegeben. Man rührte 3h bei 90°C und erhielt eine rote Lösung. Man liess auf RT kommen und fügte 62 mg (S,S)-DPEN (0.294 mmol) zu. Danach wurde weitere 24 h gerührt. Das DMF wurde im HV abgezogen und der Rückstand in 5 mL THF oder Dichlormethan gelöst und das Produkt mit 15 mL Diethylether ausgefällt, abgesaugt und getrocknet (130 mg, 77%). (Roter Feststoff). FD-MS: 1133 ( $\text{M}^++1$ );  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 155, s [ppm].

15

### Beispiel 9

#### **Herstellung von $\{((\text{R})\text{-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl})\text{-neo-pentyl-phosphit}\}_2\text{-}\{(\text{S,S})\text{-1,2-diphenylethylen-1,2-diamin}\}\text{Cl}_2\text{Ru}\}$**

20

In einem Rundkolben wurden 90 mg  $\text{RuCl}_2(\text{p-Cymene})$  (0.147 mmol) und 236 mg (0.588 mmol)  $((\text{R})\text{-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl})\text{-neo-pentyl-phosphit}$ , das analog zu Beispiel 2 gewonnen wurde, eingewogen und unter Argon 10 ml entgastes DMF zugegeben. Man rührte 3h bei 90°C und erhielt eine rote Lösung. Man liess auf RT kommen und fügte 62 mg (S,S)-DPEN (0.294 mmol) zu. Danach wurde weitere 19 h gerührt. Das DMF wurde im HV abgezogen und der Rückstand in 5 mL THF oder Dichlormethan gelöst und das Produkt mit 15 mL Diethylether ausgefällt, abgesaugt und getrocknet (Roter Feststoff).  $^1\text{H}$ -NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 7.04-8.05, 30H ; 6.89, t, 2H ;  $^3\text{J}_{\text{HH}} = 8$  Hz; 6.72, d, 2H ;  $^3\text{J}_{\text{HH}} = 8$  Hz; 4.44, d, 2H ;  $^3\text{J}_{\text{HH}} = 10$  Hz; 4.15, d, 2H .

30

;  $^3J_{\text{HH}} = 10 \text{ Hz}$ ; 3.78, bs, 2H; 3.49, d, 2H;  $^3J_{\text{HH}} = 10 \text{ Hz}$ ; 2.79, d, 2H;  $^3J_{\text{HH}} = 10 \text{ Hz}$ ; 0.67, s, 18H [ppm].  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 155, s [ppm].

### Beispiel 10

5

#### **[{((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit} $_2$ (COD)Rh]BF $_4$**

In einem Dreihals-Kolben wurden 19.70 g  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{BF}_4$  (48.5 mmol) eingewogen und unter Argon 50 mL THF und 150 mL Dichlormethan zugegeben. Danach wurden 27.77 g (86% NMR-Reinheit, 86 mmol) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit aus Beispiel 2, vorher für 24 h im Vakuum getrocknet gelöst in 40 mL THF zugegeben. Die rötliche Lösung wurde 15 Minuten gerührt. Sodann wurde mit 800 mL n-Hexan schnell das Produkt gefällt. Unter Umständen bildet sich nur ein brauner öliger Rückstand am Glasboden. In diesem Fall wurde das Produkt erneut in 200 mL THF aufgenommen, mit 600 mL n-Hexan gefällt und abfiltriert.

Orange/gelber, kristalliner Feststoff. Auswaage: 44,05 g, bezogen auf  $\text{L}_2\text{Rh}(\text{COD})\text{BF}_4$  ergibt sich eine Ausbeute von 93 - 98 %.  $^1\text{H}$ -NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 8.26, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8 \text{ Hz}$ ; 8.08, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8 \text{ Hz}$ ; 8.04, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 9 \text{ Hz}$ ; 7.89, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8 \text{ Hz}$ ; 7.81, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 9 \text{ Hz}$ ; 7.58-7.47, m, 6H; 7.39-7.23, m, 8H; 5.8, m, 2H; 4.75, m, 2H; 4.32, m, 2H; 2.22-2.08, m, 4H; 1.94-1.84, m, 2H; 1.50, d, 6H,  $^3J_{\text{HH}} = 6 \text{ Hz}$ ; 1.3, m, 8H [ppm].  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ): 120, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 258 \text{ Hz}$ .

### Beispiel 11

#### Herstellung von

#### **[{((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit} $_2$ (COD)Rh]SbF $_6$**

In einem trockenen Schlenk-Kolben wurden 18 mg  $\text{Rh}(\text{COD})_2\text{SbF}_6$  (0.033 mmol) und 25 mg (0.066 mmol) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit aus Beispiel 2 eingewogen, das Gefaess 3mal evakuiert bzw mit Argon belüftet und die Mischung mit 0.3 mL argonisiertem  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  versetzt. Danach wurde 2 h gerührt und das Produkt mit 5 mL Diethylether ausgefällt, abgesaugt und getrocknet.  $^1\text{H}$ -NMR

(400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.27, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 8.07, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 8.03, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 9$  Hz; 7.96, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 7.85, d, 2H, ;  $^3J_{\text{HH}} = 9$  Hz; 7.60-7.47, m, 6H; 7.39-7.23, m, 8H; 5.80, m, 2H; 4.77, m, 2H; 4.25, m, 2H; 2.20-2.03, m, 4H; 1.85, m, 2H; 1.53, d, 6H,  $^3J_{\text{HH}} = 6$  Hz; 1.27, m, 8H; [ppm].  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 119, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 258$  Hz.

### Beispiel 12

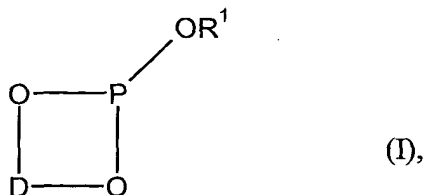
#### **Herstellung von [((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit]<sub>4</sub>Rh]PF<sub>6</sub>**

10 In einem trockenen Schlenck-Kolben wurden 15 mg Rh(COD)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> (0.033 mmol) und 25 mg (0.066 mmol) ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-iso-propyl-phosphit aus Beispiel 2 eingewogen, das Gefaess 3mal evakuiert bzw mit Argon belüftet und die Mischung mit 0.3 mL argonisiertem CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> versetzt. Danach wurde 2 h gerührt und das Produkt mit 5 mL Diethylether ausgefällt, abgesaugt und getrocknet.

15 (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 8.25, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 8.05, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 8.02, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 9$  Hz; 7.95, d, 2H,  $^3J_{\text{HH}} = 8$  Hz; 7.83, d, 2H, ;  $^3J_{\text{HH}} = 9$  Hz; 7.60-7.45, m, 6H; 7.39-7.23, m, 8H; 5.78, m, 2H; 4.75, m, 2H; 4.25, m, 2H; 2.20-2.03, m, 4H; 1.85, m, 2H; 1.50, d, 6H,  $^3J_{\text{HH}} = 6$  Hz; 1.27, m, 8H; [ppm].  $^{31}\text{P}$ -NMR (162 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 119, d,  $^1J_{\text{PRh}} = 258$  Hz.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der Formel (I),



5 in der

D für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl- oder 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl-Rest steht und

10 R¹ für einen Rest steht, der ausgewählt ist aus der Gruppe C₁-C₁₂-Alkyl, C₂-C₁₂-Alkenyl, C₁-C₁₂-Halogenalkyl, C₅-C₁₅-Arylalkyl und C₄-C₁₄-Aryl wobei die Auflage gilt, dass

R¹ eine Molmasse von 215 oder weniger aufweist,

15

dadurch gekennzeichnet, dass

- in einem Schritt a)
- Verbindungen der Formel (II),

20



in der Hal jeweils unabhängig voneinander, vorzugsweise jedoch identisch für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht,

25

- mit Verbindungen der Formel (III),



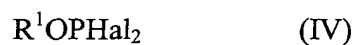


in der

$R^1$  die vorstehend genannte Bedeutung besitzt

5

zunächst zu Verbindungen der Formel (IV) umgesetzt werden



10

in der

$R^1$  und Hal die vorstehend genannte Bedeutung besitzen,

- in einem Schritt b)

15

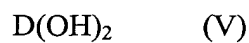
die gemäß a) erhaltenen Verbindungen der Formel (IV) destillativ gereinigt werden und

- in einem Schritt c)

die gemäß b) gereinigten Verbindungen der Formel (IV)

20

- mit Verbindungen der Formel (V)



25

in der

D die vorstehend genannte Bedeutung besitzt

zu Verbindungen der Formel (I) umgesetzt werden.

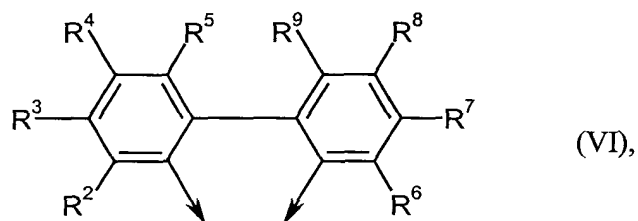
30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt c) in Gegenwart einer Base durchgeführt wird.

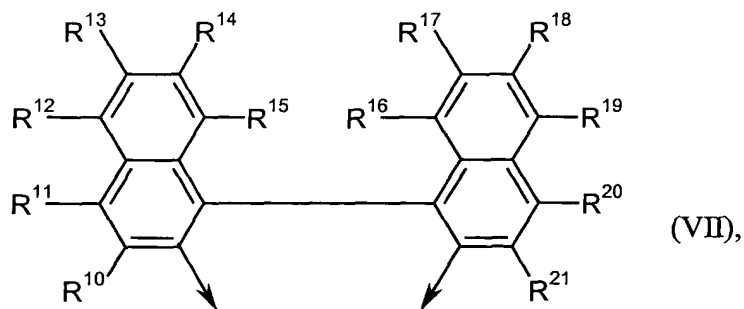
3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$  für einen Rest steht, der ausgewählt ist aus der Gruppe  $C_1$ - $C_8$ -Alkyl,  $C_5$ - $C_{15}$ -Arylalkyl und  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl, wobei die Auflage gilt, dass

$R^1$  eine Molmasse von 200 oder weniger aufweist.

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass D für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Biphenyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VI) steht,



oder für einen unsubstituierten oder substituierten 1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl-Rest der Formel (VII),



in denen die Reste

5  $R^2$  bis  $R^{20}$  jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Cyano, geschütztes Hydroxy,  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkyl,  $C_1$ - $C_{12}$ -Halogenalkyl,  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkoxy,  $C_1$ - $C_8$ -Alkylthio, freies oder geschütztes Formyl,  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl, Tri( $C_1$ - $C_8$ -alkyl)siloxy oder Resten der Formel (VIII),

A-B-E-F (VIII),

10 in der unabhängig voneinander

A fehlt oder für einen  $C_1$ - $C_8$ -Alkylrest steht und

15 B fehlt oder für Sauerstoff, Schwefel oder  $NR^{21}$  steht,

wobei

$R^{21}$  für Wasserstoff,  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkyl oder  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl steht und

20 E für eine Carbonyl-Gruppe steht und

F für  $R^{22}$ ,  $OR^{22}$ ,  $NHR^{23}$  oder  $NR^{23}R^{24}$  steht,

wobei

25

$R^{22}$  für  $C_1$ - $C_{12}$ -Alkyl oder  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryl und

30

$R^{23}$  und  $R^{24}$  jeweils unabhängig voneinander für  $C_1$ - $C_8$ -Alkyl oder  $C_4$ - $C_{14}$ -Aryl stehen oder  $NR^{23}R^{24}$  zusammen für einen cyclischen Aminorest mit 4 bis 12 Kohlenstoffatomen steht und wobei jeweils zwei benachbarte Reste

aus  $R^2$  bis  $R^{20}$  zusammen auch einen nicht aromatischen Ring bilden können und weiterhin jeweils zwei der Reste aus  $R^2$  bis  $R^{20}$  verbrückend sein können.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass enantiomerenangereicherte Verbindungen der Formel (V) eingesetzt werden.

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Verbindungen hergestellt werden:

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-phenylethyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-phenylethyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-cyclohexyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-cyclohexyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

((S)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit

((R)-5,5'-Dichlor-6,6'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-dimethylphenyl-phosphit

- ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 isopropyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 isopropyl-phosphit  
 5 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(rac)-1-  
 phenylethyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(rac)-  
 1-phenylethyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-  
 10 phenylethyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(S)-1-  
 phenylethyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-  
 phenylethyl-phosphit  
 15 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-(R)-1-  
 phenylethyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 diphenylmethyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 20 diphenylmethyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 methyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-  
 methyl-phosphit  
 25 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-  
 dimethylphenyl-phosphit  
 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-  
 dimethylphenyl-phosphit  
 ((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-  
 30 diiso-propylphenyl-phosphit

((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-2,6-diiso-propylphenyl-phosphit

((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

5 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-ethyl-phosphit

10 ((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-ethyl-phosphit

((S)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-4-tert-butylphenyl-phosphit

((R)-5,5',6,6'-tetramethyl-3,3'-bis(tert.-butyl)-1,1'-biphenyl-2,2'-diyl)-4-tert-butylphenyl-phosphit

15 ((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-isopropyl-phosphit

((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-neopentyl-phosphit

((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-neopentyl-phosphit

((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

20 ((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-phenyl-phosphit

((S)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit und

((R)-1,1'-Binaphthyl-2,2'-diyl)-benzyl-phosphit.

25 7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Destillation gemäß Schritt b) bei einem Druck von 0,001 bis 1000 hPa durchgeführt wird.

30 8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung von Übergangsmetallkomplexen enthaltend Verbindungen der Formel (I) als Schritt d) die gemäß den Schritten

a) bis c) erhaltenen Verbindungen der Formel (I) mit Übergangsmetallverbindungen umgesetzt werden.

5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lösungen von Verbindungen der Formel (I), wie sie gemäß Schritt c) erhalten werden, gegebenenfalls nach Abtrennung von Ausgefallenem, direkt in Schritt d) eingesetzt werden.

10 10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lösungen von Verbindungen der Formel (I), wie sie gemäß Schritt c) erhalten werden, gegebenenfalls nach Abtrennung von Ausgefallenem, eingeengt werden, die Verbindungen der Formel (I) erneut in Lösungsmittel aufgenommen und anschliessend in Schritt d) eingesetzt werden

15 11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass Übergangsmetallverbindungen enthaltend Verbindungen der Formel (I) folgende sind solche der Formel (Xa)



20 in der

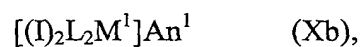
(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

25  $M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

$An^1$  für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht oder

30

solche der Formel (Xb)



in der

5 (I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) steht und

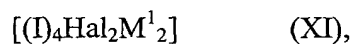
$M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

10  $An^1$  für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat, Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht und

L jeweils für ein  $C_2$ - $C_{12}$ -Alken steht, oder

15  $L_2$  zusammen für ein ( $C_4$ - $C_{12}$ )-Dien steht und

solche der Formel (XI)



20 in der

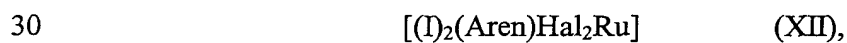
(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) steht und

$M^1$  für Rhodium oder Iridium steht und

25

Hal für Chlor, Brom oder Iod steht oder

solche der Formel (XII)



30 in der



(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) steht und

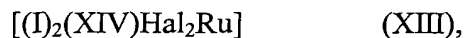
5

Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen steht, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl steht und

Hal für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht oder

10

solche der Formel (XIII)



in der

15

(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) steht und

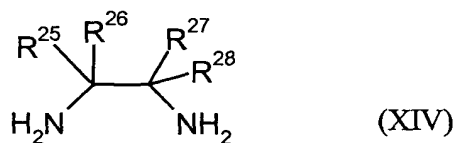
Hal für Chlor, Brom, Iod, bevorzugt für Chlor steht

20

Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl und

25

(XIV) für Verbindungen der Formel (XIV) steht



in der

R<sup>25</sup>, R<sup>26</sup>, R<sup>27</sup> und R<sup>28</sup> jeweils unabhängig voneinander für Wasserstoff, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl oder C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl oder jeweils zwei Reste zusammen für einen geradkettigen oder verzweigten C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylen-Rest stehen.

5

12. Übergangsmetallkomplexe der Formel (Xa)



in der

10

(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) mit der in Anspruch 1 angegebenen Bedeutung steht und

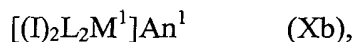
M<sup>1</sup> für Rhodium oder Iridium steht und

15

An<sup>1</sup> für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht.

20

13. Übergangsmetallkomplexe der Formel (Xb)



in der

25

(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) mit der in Anspruch 1 angegebenen Bedeutung steht und

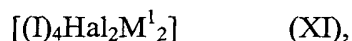
M<sup>1</sup> für Rhodium oder Iridium steht und

An<sup>1</sup> für Methansulfonat, Trifluormethansulfonat, Tetrafluoroborat, Hexafluorophosphat Perchlorat, Hexafluoroantimonat, Tetra(bis-3,5-trifluormethylphenyl)borat oder Tetraphenylborat steht und

5 L jeweils für ein C<sub>2</sub>-C<sub>12</sub>-Alken wie beispielsweise Ethylen oder Cycloocten, oder ein Nitril wie beispielsweise Acetonitril, Benzonitril oder Benzylnitril steht, oder

10 L<sub>2</sub> zusammen für ein (C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>)-Dien wie beispielsweise Norbornadien oder 1,5-Cyclooctadien steht.

14. Übergangsmetallkomplexe der Formel (XI)



15 in der

(I) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) mit der in Anspruch 1 angegebenen Bedeutung steht und

20 M<sup>1</sup> für Rhodium oder Iridium steht und

Hal für Chlor, Brom oder Iod steht.

15. Übergangsmetallkomplexe der Formel (XII)

25



in der

(I) jeweils unabhängig für eine Verbindung der Formel (I) mit der in  
30 Anspruch 1 angegebenen Bedeutung steht und

Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen steht, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl steht.

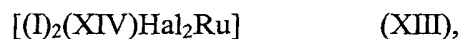
5

Hal für Chlor, Brom oder Iod, bevorzugt für Chlor steht oder

16. Übergangsmetallkomplexe der Formel (XIII)



10



in der

(II) jeweils unabhängig bevorzugt identisch für eine Verbindung der Formel (I) steht und

15

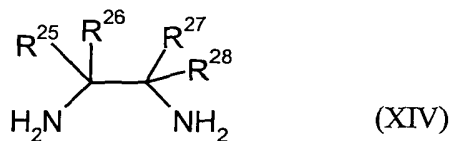
Hal für Chlor, Brom, Iod, bevorzugt für Chlor steht

Aren für eine koordinierte aromatische Verbindung mit 6 bis 12 Ringkohlenstoffatomen, die weiterhin mit bis zu 6 Resten substituiert sein kann, die jeweils unabhängig voneinander ausgewählt sind aus der Gruppe C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkyl, Benzyl und Phenyl und

20



(XIV) für Verbindungen der Formel (XIV) steht



25

in der

R<sup>25</sup>, R<sup>26</sup>, R<sup>27</sup> und R<sup>28</sup> jeweils unabhängig voneinander für Wasserstoff, C<sub>1</sub>-C<sub>12</sub>-Alkyl, C<sub>4</sub>-C<sub>14</sub>-Aryl oder C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub>-Arylalkyl oder jeweils zwei Reste

zusammen für einen geradkettigen oder verzweigten C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylen-Rest stehen.

5 17. Verwendung von Übergangsmetallkomplexen nach den Ansprüchen 12 bis 16 als Katalysatoren.

10 18. Verwendung von Übergangsmetallkomplexen enthaltend die Verbindungen der Formel (I), die nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 11 hergestellt wurden oder Übergangsmetallkomplexe nach den Ansprüchen 12 bis 16 in einem Verfahren zur Herstellung von stereoisomerenangereicherten Verbindungen.

15 19. Verfahren zur Herstellung von stereoisomerenangereicherten Verbindungen durch asymmetrische Synthese, dadurch gekennzeichnet, dass als Katalysatoren Übergangsmetallkomplexe enthaltend die Verbindungen der Formel (I), die nach einem oder mehreren der Ansprüche 8 bis 11 hergestellt wurden oder Übergangsmetallkomplexe nach den Ansprüchen 12 bis 16 verwendet werden.

**Verfahren zur Herstellung von Phosphiten und Übergangsmetallkomplexen**

**Z u s a m m e n f a s s u n g**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Phosphiten und deren Übergangsmetallkomplexe sowie deren Anwendung in katalytischen Prozessen.